

NORGES LANDBRUKSHØGSKOLE

Forskningsprogram for rensing av avløpsvann



**PRA 3.3. Slam og kompost på jord
og vegetasjon**

**BRUK AV SEPTIKTANKSLAM OG
RÅSLAM VED DYRKING AV KORN**

Jan Martinsen Institutt for jordkultur NLH

Prosjekt rensing av avløpsvann - PRA. Rapporter fra Norges landbrukshøgskole.

Denne rapporten er en avsluttende rapport i serien av sluttrapporter fra PRA-undersøkelsene ved Norges landbrukshøgskole.

Disse rapportene er gitt ut i regi av Norges landbrukshøgskole - ved "Utvalg for koordinering av forskning vedrørende forurensning ved NLH" og inneholder en del grunndata. Disse rapportene trykkes i et opplag på 500 eks og har en relativt beskjeden utstyrmessig og layoutmessig ramme. Rapportene i denne serie er å oppfatte som sammenfattende basisrapporter, og må ikke forveksles med PRA-brukerrapporter utgitt av PRA-komiteen.

De resultatene som ansees å være av størst almen og praktisk interesse fra PRA-undersøkelsene ved Norges landbrukshøgskole vil bli publisert gjennom PRA-komiteens serie av PRA-brukerrapporter.

Steinar Skjeseth

Eivind Mjærum.

VI. Litteratur.

- BALMER, P. & A.S. EIKUM, 1972. Slambehandling. Norsk institutt for vannforskning. Stensil. 22 s.
- COKER, E.G., 1966 a. The value of liquid digested sewage sludge. I. The effect of liquid sewage sludge on growth and composition of grass-clover swards in South-east England. J. agric. Sci. Camb. 67: 91-97.
- COKER, E.G., 1966 b. The value of liquid digested sewage sludge. II. Experiment on rye-grass in South-east England comparing sludge with fertilizers supplying equivalent nitrogen, phosphorus, potassium and water. J. agric. Sci. Camb. 67:99-103.
- COKER, E.G., 1966 c. The value of liquid digested sewage sludge. III. The results of an experiment on barley. J. agric. Sci. Camb. 67: 105-107.
- DEBRUCK, J. & A. VØMEL, 1972. Die Verwendung der Nährstoffe im Abwasserschamm. Landwirtsch. Forsch. Sonderheft 27/1:36-60.
- GEERING, J. & W. KÜNZLI, 1967. Wirkungsvergleich von Gülle und Klärschlamm als Wiesendünger. Schweiz. Landwirtsch. Forsch. IV:301-331.
- HINESLY, T.D., O.C. BRAIDS & J.E. MOLINA, 1971. Agricultural benefits and environmental changes resulting from the use of digested sludge on field crops. U.S. Environmental Protection Agency.
- LUNT, H.A., 1959. Digested sewage sludge for soil improvement. Conn. Agric. Exp. Sta. Bull. 622. 30 s.
- MARTINSEN, J. 1976. Bruk av forskjellige slamtyper ved dyrking av korn. Forskerreport PRA 3.3. Institutt for jordkultur, NLH.
- SCHÄFER, K. & H. KICK, 1970. Die Nachwirkung von schwermetallhaltigem Abwasserklärschlamm in einem Feldversuch. Landwirtsch. Forsch. 23:152-161.
- SORTEBERG, A., 1974. Slam til jordbruksformål. Inst. f. jordkultur. Stensil 12 s.

Innholdet av lettløselig kopper og sink i jorden viser forholdsvis sterk økning første og andre året etter slamtilførselen. Analysene fra tredje år viser et adskillig lavere innhold enn i de to foregående år. Det er dette året bare tatt prøver fra to felt. Den sterke nedgangen skyldes imidlertid ikke et lavere innhold i disse to forsøkene enn i de tre andre. Årsaken kan være at kopper og sink er blitt så lite tilgjengelig tredje året at en stor del ikke blir registrert ved denne analysemetoden, som tar ut den delen som er forholdsvis lettløselig.

F o r o r d

Forskerrapporten "Bruk av septiktankslam og råslam ved dyrking av korn" gjengir resultater fra undersøkelser utført av vitenskapelig assistent Jan Henrik Martinsen ved Institutt for jordkultur, Norges landbrukshøgskole. Undersøkelsene er finansiert av midler fra forskningsprogrammet Prosjekt Rensing Avløpsvann (PRA) og inngår som en del av prosjektet "PRA 3.3. Slam og kompost på jord og vegetasjon".

Den 1. oktober 1976

Asbjørn Sorteberg
Asbjørn Sorteberg

I n n h o l d

I	Innledning	5
II	Sammendrag	6
III	Karforsøk med tilførsel av termisk tørket septiktankslam til forskjellig tid før såing av korn.	8
	A. Forsøk I.	8
	1. Forsøksmateriale og metoder	8
	2. Resultater	10
	B. Forsøk II.	12
	1. Forsøksmateriale og metoder	12
	2. Resultater	13
	a. Avlingsmengde	13
	b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen	17
	c. Innhold av NO ₃ -N i jorden etter høsting.	21
	C. Diskusjon og konklusjoner.	23
IV	Karforsøk med tilførsel av tørket og avvannet utgjæret slam og råslam til forskjellig tid før såing av korn.	26
	1. Forsøksmateriale og metoder	26
	2. Resultater.	28
	3. Diskusjon og konklusjoner.	30
V	Markforsøk med septiktankslam og råslam.	31
	A. Markforsøk med tilførsel av septiktankslam og råslam til forskjellig tidspunkt før såing av korn.	31
	1. Forsøksmateriale og metoder.	31
	2. Resultater.	32
	a. Avlingsmengde	32
	b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.	36
	c. Jordanalyser.	37
	3. Konklusjon.	39

Slamtilførselen påvirket ikke kalsiuminnholdet i kornet. Det samme fant Coker (1966 a og b), Martinsen (1976) og Schäfer & Kick (1970). Innholdet i halmen viste svak tendens til økning etter slamtilførselen.

Magnesiuminnholdet i plantene var ikke påvirket av slamtilførselen i disse forsøkene. En rekke utenlandske undersøkelser har vist økt magnesiuminnhold etter slamtilførsel sammenlignet med gjødsling med nitrogen, fosfor og kalium (Coker 1966, a og b, Geering & Künzli 1967 og Schäfer & Kick 1970).

Innholdet av svovel i kornet var lite påvirket av slamtilførselen, mens det var tendenser til økt innhold i halmen. Dette svarer godt til andre undersøkelser utført av Martinsen (1976).

Det var ingen forskjeller i klorinnholdet i kornet mellom de ulike slambehandlingene. Innholdet i halmen derimot økte med økende slamtilførsel.

Ved vurderingen av slambehandlingens virkning på innholdet av tungmetaller i plantene, må man ta i betraktning at det er utført svært få analyser. Resultatene er derfor meget usikre. En del av resultatene svarer bare i svært liten grad til andre undersøkelser. Disse er det derfor spesiell grunn til å betrakte som helt foreløpige. Av denne grunn er det ikke foretatt noen diskusjon når det gjelder tungmetalloptaket i plantene.

Jordanalysene fra forsøkene viser at jordens surhetsgrad har vært svært lite påvirket av slamtilførselen. Dette tilsvarende resultater fra undersøkelser utført av Schäfer & Kick (1970). Lunt (1959) fant imidlertid at slam med pH omkring nøytralpunktet og over økte pH i jorden, mens slam med lavere pH førte til surere jordreaksjon. I de her beskrevne forsøkene var det ingen sammenheng mellom pH i slammet og dets virkning på jordreaksjonen. På samme måte som i forsøk utført av Hinesly et al. (1971) og Schäfer & Kick (1970), var det i disse forsøkene tendens til økt innhold av fosfor etter tilførsel av kloakkslam.

Mens de fleste utenlandske undersøkelser viser svært liten forandring i jordens innhold av kalium etter slamtilførsel, økte innholdet i disse forsøkene.

En oppdeling av forsøkene etter jordbunnsforhold viser at man på steder med høyt innhold av organisk materiale i jorden, kan oppnå like stor avling ved sterk nitrogen gjødsling som ved slamtilførsel. Dette tyder på at slammets virkning under slike forhold først og fremst er en nitrogeneffekt. Tilsvarende resultater fant Debruck & Vømel (1972) i Tyskland. Kornavlingen økte fra 252 kg pr. dekar uten slam eller nitrogen gjødsling til 460 kg ved tilførsel av 3620 kg slamtørrstoff pr. dekar og ingen tilleggsgjødsling med nitrogen. Tilsvarende tall ved gjødsling med 8 kg nitrogen pr. dekar var 484 kg, der det ikke var tilført slam og 431 kg ved slamtilførsel.

På steder med lite organisk materiale vil slammets positive virkning ikke bare være en nitrogeneffekt. Man må her regne med at slammets egenskaper som jordforbedringsmiddel vil spille en større rolle.

Innholdet av nitrogen i plantene har steget sterkt etter slamtilførselen. Denne effekten av slamm har holdt seg også i ettervirkningsårene. Innholdet økte med økende slammengder. I undersøkelser utført av Schäfer & Kick (1970) var nitrogeninnholdet 33 prosent høyere i havrekorn etter tilførsel av 150 m³ flytende anaerobt stabilisert slam pr. dekar to år tidligere enn i ugjødslede planter. Ved tilførsel av like store mengder nitrogen i kunstgjødsel og flytende anaerobt stabilisert slam, fant Coker (1966) høyere nitrogeninnhold i havreplanter som var gjødslet med kunstgjødsel enn kloakkslam.

I forsøkene med tilførsel av uomsatt slam til forskjellig tid var det forholdsvis sterk økning av fosforinnholdet både i korn og halm etter slamtilførsel. I den andre forsøksserien med tilførsel av ulike mengder råslam om våren var plantenes innhold av fosfor ikke påvirket av slamtilførselen. Planteanalysene fra de to ettervirkningsårene viste ingen forskjeller mellom de ulike slambehandlingene i noen av de to forsøksseriene. Av utenlandske undersøkelser fant Schäfer & Kick (1970) i Tyskland økning av fosforinnholdet både i korn og halm av havre etter tilførsel av 150 m³ vått slam pr. dekar to år tidligere sammenlignet med ugjødslede planter.

I begge forsøksseriene var det forholdsvis sterk økning av kaliuminnholdet i halmen etter slamtilførsel, mens innholdet i kornet ikke var påvirket. Utenlandske undersøkelser viser stort sett svak virkning av slamtilførsel på kaliuminnholdet i plantene. Det samme fant Martinsen (1976) i karforsøk med ulike slamtyper.

	Side
B. Markforsøk med tilførsel av ulike mengder råslam om våren.	40
1. Forsøksmateriale og metoder.	40
2. Resultater.	40
a. Avlingsmengde.	40
b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.	44
c. Innhold av tungmetaller i avlingen.	44
d. Jordanalyser.	47
C. Diskusjon og konklusjoner.	50
VI. Litteratur.	53

I. Innledning.

I de fleste kommuner er disponeringen av septiktankslam et stort problem. Denne foregår ofte tilfeldig og med store muligheter for forurensning av vassdrag og grunnvann.

En rekke renseanlegg er bygd uten muligheter for stabilisering av slammet. Den videre disponering av dette råslammet byr ofte på store problemer.

En mulig disponeringsmåte for septiktankslam og råslam kan være utkjøring til jordbruksarealer. For å klarlegge disse slamtypers egenskaper som gjødsel og jordforbedringsmiddel, er det i årene 1972-1975 ved Institutt for jordkultur, NLH, gjennomført en rekke vekstforsøk. Forsøkene er utført dels som karforsøk i veksthus og dels som utendørs markforsøk. Resultatene fra disse undersøkelsene er gjengitt i denne rapporten.

C. Diskusjon og konklusjoner.

Forsøkene tyder på at man første året etter tilførsel må regne med en viss negativ virkning av septiktankslam og råslam først i vekstsesongen. Dette har vist seg ved at plantene har gulnet og veksten stagnert kort tid etter oppspiring. Stagnasjonen har i disse forsøkene vart ca. en måned. Deretter har veksten etter hvert kommet godt i gang.

Denne negative effekten har sannsynligvis sammenheng med at slammet omsettes i jorden. Ved den sterke mikrobielle aktiviteten en får ved tilførsel av organisk materiale, som lett brytes ned, vil det forbrukes næring, vann og luft som mikroorganismene tar opp i konkurranse med plantene. Følgen av dette kan bli at plantene blir skadelidende.

I disse forsøkene er det brukt store mengder slam. Ved tilførsel av mindre mengder (1-2 tonn TS pr. dekar), vil man kanskje ikke få negative effekter.

Resultatene fra disse forsøkene tyder også på sterkere negativ effekt av septiktankslam enn av råslam fra renseanlegg.

Til tross for denne stagnasjonsperioden i en del av vekstsesongen, virket all slamtilførsel positivt på avlingsmengden. Forsøkene med tilførsel av septiktankslam og råslam til forskjellig tid viste at man kan regne med større positiv effekt av uomsatt slam ved tilførsel om høsten enn om våren. Denne forskjellen viser seg spesielt ved svak tilleggs-gjødsling med nitrogen, og tyder på bedre nitrogen-effekt av slam tilført om høsten. Årsaken er antagelig at dette slammet er mer omsatt og dermed i stand til å frigjøre nitrogen i større grad. Forsøkene med tilførsel av ulike mengder råslam om våren viste økt avling med stigende slamtilførsel opp til 6 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Denne meravlingen etter slamtilførselen holdt seg også i de to ettervirkningsårene, hvor man har forsøksresultater.

Uten at disse forsøkene gir svar på det, er det mulig at nedpløying av uomsatt slam vil føre til mindre negativ virkning enn bare harving, fordi slammet kommer dypere og dermed ikke i rotsonen første del av veksttiden.

Jordens surhetsgrad var ikke påvirket av slambehandlingen. Det samme gjelder innholdet av lettløselig kalium og magnesium.

Totalinnholdet og innholdet av lettløselig fosfor synes å ha økt med økende slamtilførsel.

Jordens innhold av syreløselig kalium og lettløselig kalsium har også økt etter slamtilførselen. Disse analysene viste imidlertid svært liten forskjell mellom 3 og 6 tonn slamtørrstoff pr. dekar.

Innholdet av lettløselig kopper og sink økte forholdsvis sterkt etter slamtilførselen. Den sterke økningen også i forsøksledd uten slam, kan skyldes at man første året har fått med noe slam også i denne prøven. Kopper- og sinkinnholdet i jorden har gått forholdsvis sterkt ned fra første til andre og tredje året. Det var i alle år bare små forskjeller mellom tilførsel av 3 og 6 tonn **slamtørrstoff** pr. dekar.

II. Sammendrag.

I denne rapporten er beskrevet en rekke kar- og markforsøk med tilførsel av septiktankslam og råslam til jord hvor det deretter er dyrket korn. I de fleste forsøkene er slammets virkning på avlingsmengde, kjemisk sammensetning av avlingen og en del jordkjemiske parametre registrert.

I to karforsøk er undersøkt hvilken betydning tidspunktet for tilførsel av septiktankslam har for slammets virkning på veksten av korn. Resultatene viser at selv ved tilførsel 6 måneder før såing, lagring ved 15°C og vanning til 65 prosent av feltkapasiteten fra innblanding til såing, må man i karforsøk regne med en viss negativ effekt av septiktankslam. Tilført slammengde tilsvarte 8 tonn tørrstoff pr. dekar. Avlingsreduksjonen var sterkere jo kortere tid før såing slammets var tilført. Sterk tilleggs gjødsling med nitrogen (24 kg N/daa) oppveide bare en del av denne negative effekten. Den negative virkningen forsvant raskere ved den høye temperaturen i veksthus om sommeren enn ved lagringen ved 15°C.

Analyser av avling og jord i det ene forsøket viste forholdsvis sterk nedgang i nitrogeninnholdet etter slamtilførsel i de forsøksledd hvor tilførselen førte til avlingsreduksjon. Innholdet av fosfor, kalium, kalsium, magnesium og svovel i avlingen var forholdsvis lite påvirket av slamtilførselen.

I motsetning til de to ovenfor omtalte forsøkene med septiktankslam, viste resultatene fra et annet karforsøk sterk positiv virkning av råslam, selv ved innblanding kort tid før såing. Selv om det er vanskelig å sammenligne forsøk som er gjennomført i ulike år og under noe forskjellige forhold, var tendensen så klar at man må kunne si det har vært forskjellig virkning av septiktankslammet og råslammet.

Markforsøk med tilførsel av 3-8 tonn tørrstoff av septiktankslam og råslam pr. dekar har vist at man første året etter tilførsel må regne med en viss negativ virkning av disse slamtypene først i vekstsesongen. Dette har vist seg ved at planter har gulnet og veksten har stagnert kort tid etter oppspiring. Stagnasjonen

Tabell 19. Innhold av noen tungmetaller i korn og halm i forsøk med tilførsel av råslam om våren. Innholdet er oppgitt som mg/kg tørrstoff. (ppm)

	Uten slam		3 t TS pr. dekar		6 t TS pr. dekar	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Pb	4,4	2,2	5,0	2,1	5,5	2,2
Cd	0,12	0,15	0,12	0,20	0,13	0,24
Cu	7,0	2,5	13,2	3,6	11,7	4,4
Hg	0,01	0,03	0,05	0,03	0,04	0,03
Ni	0,76	0,95	1,1	1,0	1,2	1,1
Zn	57	17	60	17,1	69	20

Innholdet av bly, nikkel og sink i kornet økte med økende mengde slam. Det samme var tilfellet for kadmium-, kopper-, nikkel- og sinkinnholdet i halmen, mens innholdet av kopper og kvikksølv i kornet økte like mye etter tilførsel av 3 tonn slamtørrstoff som 6 tonn.

Innholdet av bly, kopper og sink var høyere i kornet enn i halmen. Kadmiuminnholdet var høyest i halmen, mens innholdet av kvikksølv og nikkel var høyest i halmen i forsøksledd uten slamtilførsel og i kornet etter slamtilførsel.

Analysene av korn viser gjennomsnittlig innhold i en havre- og en byggavling, mens halmen er fra forsøket med havre. I forsøket med havre hvor både korn og halm er analysert, var nikkelinholdet i samtlige forsøksledd høyere i kornet enn i halmen. For de andre stoffene var forholdet mellom innhold i korn og halm det samme som i tabell 19.

d. Jordanalyser.

Det er uttatt jordprøver fra sjiktet 0-20 cm etter høsting 1., 2. og 3. året. I tabell 20 er resultatet av analysene vist. Forsøksledd med ulik tilleggsgjødsling med nitrogen er slått sammen.

Som det går frem av tabellen, varierer tallene for glødetap noe uregelmessig. Variasjonene er vanskelige å forklare ut fra forsøksbehandlingen. Tallene kan imidlertid tyde på at glødetapet har forandret seg svært lite etter slamtilførselen.

III. Karforsøk med tilførsel av termisk tørket septiktankslam til forskjellig tid før såing av korn.

Tidligere undersøkelser har vist at septiktankslam kan ha negativ virkning på veksten av kornplanter når det tilføres jorden kort tid før såing (Sorteberg 1974). Denne negative effekten har forsvunnet etter en viss tid. Hensikten med disse to forsøkene var å undersøke hvor lenge før såing det er nødvendig å tilføre septiktankslam for å unngå negative virkninger.

A. Forsøk I

I dette forsøket ble virkningen av innblanding av septiktankslam i jorden 2, 1½, 1 og ½ måneder før såing sammenlignet med virkningen av slaminnblanding samtidig med såing. Forsøket er gjennomført våren og sommeren 1973.

1. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket ble utført i emaljerte kar. Jordarten var middels stiv leirjord. Før forsøket ble satt i gang ble jorden analysert for innhold av lettløselig fosfor, kalium og magnesium etter AL-metoden ved Statens jordundersøkelse, Ås-NLH. P-AL, K-AL og Mg-AL angir henholdsvis mg P, mg K og mg Mg pr. 100 g lufttørr jord. Analysene viste følgende:

Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
5,7	7,1	9,4	19	13

Hvert kar ble fylt med 5,1 kg jord. Septiktankslammet var tørket ved ca. 90° til 83,9 prosent tørrstoff. Den kjemiske sammensetningen av slammet er vist i tabell 1. Analysene er utført ved Kjemisk analyselaboratorium, Ås-NLH.

Det ble tilført 200 g slamtørrstoff pr. kar, noe som tilsvarer 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Slammet ble blandet inn i jorden til følgende tidspunkt: 12. mars, 26. mars, 9. april, 24. april og 8. mai. Etter slaminnblanding ble karene lagret ved 15°C og vannet med destillert vann til 65 prosent av feltpasiteten frem til såing.

Tabell 1. Kjemisk sammensetning av septiktankslam brukt i karforsøk med tilførsel av termisk tørket septiktankslam til forskjellig tid.

Tørrstoff 83,9 prosent	
pH	8,2
Prosent av tørrstoff:	
Total-N	2,49
NH ₄ -N	0,092
NO ₃ -N	0,005
Total-P	0,43
K	2,77
Ca	1,65
Mg	0,11
Total-S	0,71
Cl	0,054
ppm av tørrstoff:	
Pb	639
Fe	8740
Cd	7
Cu	1900
Cr	50
Hg	10
Ni	280
Zn	960

Alle kar ble gjødslet med 0,15 g fosfor og 0,6 g kalium før såing. Nitrogengjødslingen ble variert slik at det fra hvert innblandings-tidspunkt var ett ledd uten nitrogentilførsel, ett med tilførsel av 0,3 g nitrogen pr. kar og ett med 0,6 g nitrogen pr. kar. Gjødslingen tilsvarer henholdsvis 6 kg fosfor, 24 kg kalium og 12 og 24 kg nitrogen pr. dekar og er normal gjødslingsstyrke i karforsøk.

Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble gitt som løsninger av henholdsvis Ca (NO₃)₂, Ca (H₂PO₄)₂ og KCl.

Etter tilførsel av gjødsel på jordoverflaten, ble jorden tatt ut av karene og blandet godt, før den igjen ble fylt i karene. Deretter ble det sådd havre 10. mai. Denne ble høstet som grønnfôr 25. juli. Karene ble så gjødslet med samme mengder nitrogen, fosfor og kalium som før første såing og tilsådd for annen gang 26. juli med samme vekst. Avlingen ble høstet som grønnfôr 27. august.

I vekstperioden var karene plassert i veksthus, men ble om dagen ved oppholdsvær kjørt ut i luftegård. Det ble vannet med vanlig springvann til 65 prosent av feltkapasiteten. Forsøket ble gjennomført med 3 paralleller.

Tabell 18. Innhold av en del plantenæringsstoffer i halm i forsøk med tilførsel av råslam om våren. Innholdet er angitt som prosent av tørrstoffet.

	Antall forsøk	Uten slam			3 t TS pr. dekar			6 t TS pr. dekar						
		N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	
Kjeldahl-N	1.året	1	0,76	0,68	0,64	0,72	1,31	1,05	1,26	1,16	1,31	1,26	1,30	1,28
	2.	2	0,38	-	0,47	0,43	0,45	-	0,59	0,52	0,45	-	0,63	0,54
Total-P	1.	1	0,23	0,18	0,13	0,21	0,28	0,24	0,20	0,22	0,24	0,22	0,23	0,23
	2.	2	0,13	-	0,10	0,12	0,13	-	0,11	0,12	0,11	-	0,11	0,11
K	1.	1	2,18	2,18	2,13	2,18	2,83	2,60	2,60	2,60	3,02	2,94	2,81	2,88
	2.	2	0,68	-	0,79	0,74	0,80	-	0,91	0,86	0,85	-	0,85	0,85
Ca	1.	1	0,45	0,41	0,42	0,43	0,57	0,47	0,54	0,51	0,57	0,60	0,60	0,60
	2.	2	0,33	-	0,35	0,34	0,38	-	0,43	0,41	0,33	-	0,38	0,36
Mg	1.	1	0,10	0,11	0,10	0,11	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,12	0,13
	2.	2	0,06	-	0,05	0,06	0,07	-	0,08	0,08	0,06	-	0,08	0,07
Tot.-S	1.	1	0,28	0,24	0,22	0,26	0,33	0,29	0,29	0,29	0,30	0,29	0,30	0,30
	2.	2	0,08	-	0,09	0,09	0,09	-	0,11	0,10	0,09	-	0,11	0,10
Cl	1.	1	1,40	1,44	1,44	1,42	1,77	1,74	1,74	1,74	1,88	1,88	1,77	1,83

*1. år middel av 4 og 8 kg N pr. dekar.

Tabell 17. Innhold av en del plantenæringsstoffer i korn i forsøk med tilførsel av råslam om våren. Innholdet er angitt som prosent av tørrstoffet.

	Antall forsøk	Uten slam			3 t TS pr. dekar			6 t TS pr. dekar						
		N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	N ₁	N ₂	N ₃	Middel*	
Kjeldahl-N	1. året	3	2,12	2,11	2,16	2,12	2,27	2,27	2,27	2,27	2,41	2,32	2,39	2,37
	2.	5	1,69	-	1,76	1,73	1,75	-	1,98	1,87	1,84	-	2,03	1,94
	3.	2	2,04	2,26	2,53	2,28	2,19	2,34	2,70	2,41	2,34	2,34	2,55	2,41
Total-P	1.	3	0,51	0,50	0,50	0,51	0,52	0,50	0,48	0,49	0,51	0,50	0,48	0,49
	2.	5	0,42	-	0,40	0,41	0,43	-	0,43	0,43	0,44	-	0,43	0,44
	3.	2	0,44	0,44	0,47	0,45	0,44	0,48	0,50	0,47	0,49	0,46	0,46	0,47
K	1.	3	0,54	0,54	0,54	0,54	0,61	0,56	0,52	0,54	0,61	0,56	0,55	0,56
	2.	5	0,33	-	0,30	0,32	0,34	-	0,33	0,34	0,34	-	0,32	0,33
	3.	2	0,57	0,61	0,63	0,60	0,49	0,54	0,56	0,53	0,56	0,53	0,53	0,54
Ca	1.	3	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,10	0,09	0,09	0,09
	2.	5	0,05	-	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,05	0,05	-	0,05	0,05
	3.	2	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Mg	1.	3	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11	0,12	0,12	0,12
	2.	5	0,12	-	0,10	0,11	0,11	-	0,12	0,12	0,12	-	0,12	0,12
	3.	2	0,13	0,14	0,14	0,14	0,13	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Total-S	1.	3	0,29	0,28	0,31	0,29	0,31	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,32
	2.	5	0,13	-	0,13	0,13	0,13	-	0,14	0,14	0,13	-	0,14	0,14
	3.	3	0,11	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,15	0,14	0,13	0,14

* 1. år middel av 4 og 8 kg N pr. dekar

2. Resultater

Oppspiringen var lik for alle ledd etter første såing. Der slammet var innblandet 8. mai, var imidlertid spiringen noe ujevn og veksten var svakere enn i de andre leddene. Fra kort tid etter oppspiring var det tydelig hemmende effekt av all slamtilførsel. Ca. 14 dager etter oppspiring stagnerte planteveksten fullstendig i alle ledd med slamtilførsel hvor det ikke var tilleggsgjødslet med nitrogen eller bare tilført 0,3 g nitrogen pr. kar. Plantene ble først lysegrønne og deretter gule med svarte bladspisser. Veksten var adskillig bedre der det var tilført 0,6 g nitrogen pr. kar i tillegg til slammet, men også her var den svakere enn i samtlige ledd uten slamtilførsel. Denne fullstendige stagnasjonen varte i ca. 14 dager.

Deretter kom veksten etter hvert i gang. Helt frem til høsting var det tydelig bedre vekst jo tidligere slammet var blandet inn i jorden.

Tørrstoffavlingen ved første og andre høsting er vist i tabell 2.

LSD_{5%} (Least Significant Difference) angir minste signifikante differanse mellom forsøksleddene. Hvis avlingsforskjellen mellom to forsøksledd er mindre enn oppgitte verdier for LSD_{5%}, er differansen ikke signifikant på 5% nivået.

Ved første høsting var det signifikant negativ virkning av all slamtilførsel. Det var ingen avlingsforskjell mellom slaminnblanding 12. eller 26. mars. Ellers tiltok avlingsreduksjonen jo kortere tid før såing slammet var tilført. Tilleggsgjødslingen med nitrogen økte avlingen sterkt i alle ledd med slamtilførsel, men oppveide ikke den negative virkningen av slammet.

Etter annen gangs såing var det ingen synlige symptom på mistrivsel hos plantene i noen av leddene. Veksten var noe kraftigere og plantene mørkere grønne der det var tilført septiktankslam enn der det bare var gjødslet med kunstgjødsel.

Ved andre høsting var det positiv virkning av all slamtilførsel. En økning av nitrogengjødslingen fra 0,3 til 0,6 g nitrogen pr. kar, førte ikke til signifikant avlingsøkning der slammet var tilført før 24. april.

Tabell 2. Avling av havregrønnfôr i karforsøk I med tilførsel av septiktankslam til forskjellig tid før såing av korn. Første og andre høsting. Tørrstoffavling i g pr. kar.

Slambehandling	Nitrogengjødsling, g pr. kar			
	(Ca (NO ₃) ₂)			\bar{x}
	0	0,3	0,6	
Uten slam				
1. såtid og høsting	9,8	32,6	41,5	28,0
2. " " "	0,7	4,8	5,0	3,5
200 g slamtørrstoff tilført 12.mars				
1. såtid og høsting	5,0	14,1	19,6	12,9
2. " " "	2,8	8,4	9,8	7,0
200 g slamtørrstoff tilført 26. mars				
1. såtid og høsting	4,2	16,4	19,8	13,5
2. " " "	4,0	8,1	9,3	7,1
200 g slamtørrstoff tilført 9. april				
1. såtid og høsting	2,3	12,1	15,9	10,1
2. " " "	4,6	8,7	9,9	7,7
200 g slamtørrstoff tilført 24. april				
1. såtid og høsting	1,5	4,9	14,2	6,9
2. " " "	5,2	6,8	10,2	7,4
200 g slamtørrstoff tilført 8. mai				
1. såtid og høsting	1,3	3,3	8,7	4,4
2. " " "	1,7	5,5	8,6	5,3
\bar{x}	1. såtid og høsting	4,0	13,9	20,0
\bar{x}	2. " " "	3,2	7,1	8,8

LSD_{5%} 1. såtid og høsting = 2,3 g pr. kar

LSD_{5%} 2. såtid og høsting = 1,9 " " "

Avlingsøkningen etter slamtilførselen var størst når det ikke var tilleggsgjødslet med nitrogen eller bare tilført små nitrogenmengder. Der det ikke var tilført slam, var det alle år avlingsøkning opp til gjødsling med 8 kg nitrogen pr. dekar. I tilførselsåret hadde man lite igjen for å gjødsle med mer enn 4 kg nitrogen i tillegg til slammet, mens det de to neste årene var sterk avlingsøkning av å øke gjødslingen fra 4 til 8 kg nitrogen pr. dekar.

b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

Tabell 17 og 18 angir innholdet av en del plantenæringsstoffer i henholdsvis korn og halm.

Innholdet av nitrogen økte forholdsvis sterkt både i korn og halm med økende mengde slam tilført. Denne effekten av slammet har holdt seg også i ettervirkningsårene.

Tallene i tabell 17 viser ellers at den kjemiske sammensetningen av kornet var svært lite påvirket av slambehandlingen. Både for fosfor, kalium, kalsium, magnesium, svovel og klor var innholdet tilnærmet det samme i forsøksledd uten slam som med.

Halmens sammensetning er noe mer påvirket av slamtilførselen. Når man ser bort fra innholdet av fosfor og magnesium, som ikke var forandret, var det tendenser til økt innhold av kalium, kalsium, svovel og klor etter bruk av slam. Dette var spesielt tydelig for kalium og klor. Det er utført få analyser av halm. Resultatene er derfor noe usikre.

c. Innhold av tungmetaller i avlingen.

Det er utført kornanalyser fra to forsøk og halmanalyser bare fra ett. Analysene er utført på avlingen i tilførselsåret. Resultatene, som er vist i tabell 19, er derfor svært usikre.

Resultatene tyder på at innholdet i kornet har vært mest påvirket av slamtilførselen. Således var det forholdsvis sterk økning av bly- og kvikksølvinnholdet i kornet, mens innholdet i halmen ikke var påvirket. Kopper-, nikkel- og sinkinnholdet økte også sterkere i kornet enn i halmen. Kornets innhold av kadmium var imidlertid ikke påvirket av slamtilførselen, mens innholdet i halmen økte med økende tilførsel.

Tabell 16. Korn- og halmavling i markforsøk med tilførsel av råslam om våren. Avlingen er oppgitt i kg pr. dekar.

	Antall forsøk	Uten slam			3 t TS pr. dekar			6 t TS pr. dekar					
		N ₁	N ₂	N ₃	N ₁	N ₂	N ₃	N ₁	N ₂	N ₃			
Kornavling 1. året	4	190	255	274	223*	218	264	260	262*	285	291	295	293*
2. "	5	172	293	362	276	227	329	371	309	277	338	381	332
3. "	2	142	234	344	240	163	293	419	292	208	321	430	320
Halmavling 1. "	2	266	326	389	296*	330	340	358	349*	396	369	374	372*
2. "	2	322	392	496	403	383	476	471	443	485	462	490	479
3. "	-												

*Middel av 4 og 8 kg N pr. dekar.

B. Forsøk II

Forsøk I viste at 2 måneders lagring ved 15°C etter innblanding i jorden ikke var tilstrekkelig til å unngå negative effekter av septiktankslam på veksten av korn. I dette forsøket ble derfor tiden mellom slaminnblanding og såing gjort adskillig lengre. For å få et inntrykk av lagringsforholdenes betydning for virkningen av slammet, ble halvparten av karene lagret ute og halvparten inne i tiden fra slaminnblanding til såing. Forsøket ble startet vinteren 1973/1974 og fortsatt våren og sommeren 1974.

1. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket ble utført i emaljerte kar. Det ble brukt middels stiv leirjord. Analysen av denne før forsøket ble startet viste følgende:

Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
7,5	5,4	10	19	7,8

I hvert kar ble det fylt 5,1 kg jord. Slammet var det samme som ble brukt i forsøk I. Den kjemiske sammensetningen er vist i tabell 1.

Det ble tilført 200 g slamtørrstoff pr. kar, noe som tilsvarer 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Slammet ble blandet inn i jorden til følgende tidspunkt: 20. september 1973, 2. november 1973, 31. januar 1974, 1. april 1974 og 6. mai 1974. Etter slaminnblanding ble halvparten av karene lagret ute under åpen himmel og halvparten inne ved 15°C frem til såing. Karene som var lagret inne, ble vannet med destillert vann til 65 prosent av feltkapasiteten. Karene som var lagret ute, ble ikke kunstig vannet. Jorden i karene som var lagret ute, ble svært ugunstig. På grunn av nedbør var den mettet med vann og vannet sto også over jordoverflaten. Det meste av vinteren var derfor disse karene fullstendig bunnfrosne. Så mye som mulig av vannet ble om våren helt over på flasker og brukt til vanning av samme kar senere. Karene ble satt til tørking i veksthus fra ca. en uke før såing. Ved såing var jorden i disse karene fortsatt ugunstig.

Før såing ble alle kar gjødslet med 0,15 g fosfor og 0,6 g kalium. Nitrogengjødslingen ble variert slik at det fra hvert innblandings-tidspunkt og lagringsforhold var ett ledd uten nitrogentilførsel, ett med tilførsel av 0,3 g nitrogen pr. kar og ett med tilførsel av 0,6 g nitrogen pr. kar. Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble gitt som løsninger av henholdsvis $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ og K_2SO_4 . Gjødslingen tilsvarer henholdsvis 6 kg fosfor, 24 kg kalium og 12 og 24 kg nitrogen pr. dekar. Etter tilførsel av gjødsel på jordoverflaten, ble jorden tatt ut av karene og blandet godt, før den igjen ble fylt i karene. Deretter ble det sådd bygg 8. mai. Dette ble høstet som grønnfôr 7. juni. Karene ble så tilsådd annen gang 8. juni med samme vekst. Det ble ikke gjødslet før andre såing. Bygget ble høstet etter hvert som det var modent 6., 13. og 15. september.

I vekstperioden var karene plassert i veksthus, men ble om dagen ved oppholdsvær kjørt ut i luftegård. Det ble vannet med vanlig springvann til 65 prosent av feltkapasiteten. Forsøket ble gjennomført med 3 paralleller. Det ble tatt jordprøver for måling av nitratinnholdet fra samtlige kar 7. juni og 17. september.

2. Resultater.

a. Avlingsmengde.

Oppspiringen var lik for alle ledd etter første såing. Allerede fra kort tid etter oppspiring var det svært svak vekst i samtlige kar som hadde vært lagret ute. Plantene ble gule og deretter nesten hvite med svarte bladspisser, og veksten stanset fullstendig ca. 14 dager etter oppspiring. Den samme negative virkningen var det også etter slaminnblanding 31. januar og senere i kar lagret inne.

I kar lagret ute og ved de seneste innblandingstidene i kar lagret inne, var det tydelig positiv virkning av tilleggsjødsling med største nitrogenmengde. Tilførsel av 0,3 g nitrogen pr. kar førte imidlertid ikke til bedre vekst enn uten nitrogentilførsel.

Tabell 15. Kjemisk sammensetning av slam brukt i markforsøk med tilførsel av råslam om våren.

	TS	pH	Kjeld.NH ₄ -				prosent av TS				ppm av TS										
			N	N	N	NO ₃ -	Tot.-	Tot.-	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
Forsøk I	25,3	6,3	1,86	0,063	0,004	0,63	0,063	2,01	0,27	0,47	0,043	410	<5	1280	52	10	19	770			
II	20,0	5,9	2,20	0,12	0,005	2,00	0,28	0,70	0,35	0,70	0,060	82	5	460	60	4	40	580			
III	27,9	6,2	2,29	0,23	0,007	2,08	0,21	0,57	0,25	0,72	0,043	107	5	500	60	5	30	610			
IV	34,2	6,0	1,72	0,099	0,009	0,61	0,25	1,46	0,44	0,41	0,020	44	3	360	30	4	30	560			
V	27,4	6,2	1,86	0,095	0,004	1,31	0,33	0,69	0,44	0,51	0,026	80	3	380	40	6	30	510			
Middel	27,0	6,1	1,99	0,12	0,006	1,33	0,23	1,09	0,35	0,56	0,038	145	4	596	48	6	30	606			

	Forsøk I	Forsøk II	Forsøk III	Forsøk IV	Forsøk V
Sted	Bærum	Nannestad	Nes, Romerike	Ullensaker	Nannestad
Jordart	Middels stiv leirjord	Stiv leirjord	Silt	Leirholdig silt	Stiv leirjord
Slamtype	Mek.+Kjem., Løxa	Mek.+Kjem., RA-2	Mek.+Kjem., RA-2	Mek., Kløfta	Mek.+Kjem., RA-2
Slam: tilført	4.5.1973	25.5.1973	12.6.1973	22.5.1973	16.5.1973
1. år					
Såtid	19.5.1973	29.5.1973	13.6.1973	2.6.1973	17.5.1973
Vekst	Havre	Bygg	Havre	Bygg	Bygg
Høstetid	11.9.1973	3.10.1973	Ikke høstet	30.8.1973	2.10.1973
2. år					
Såtid	29.4.1974	3.5.1974	4.5.1974	11.9.1973	30.4.1974
Vekst	Havre	Bygg	Hvete	Høstrug	Bygg
Høstetid	9.9.1974	20.9.1974	26.10.1974	11.9.1974	20.9.1974
3. år					
Såtid	-	-	16.5.1975	-	9.5.1975
Vekst	-	-	Havre	-	Bygg
Høstetid	-	-	29.9.1975	-	15.9.1975

41

14

Der slam var innblandet 20. september og 2. november og karene hadde vært lagret inne, var plantene mørke grønne og vokste bedre enn der det ikke var tilført slam.

Avlingsresultatene fra første høsting, som går frem av tabell 3, viser at ved samtidig slaminnblanding var avlingen større i alle kar lagret inne enn ute, bortsett fra slaminnblanding 1. april hvor det ikke var noen forskjell.

Tabell 3. Avling av bygggrønnfôr i karforsøk II med tilførsel av septiktankslam til forskjellig tid før såing av korn. Første høsting. Tørrstoffavling i g pr. kar.

Slambehandling	Nitrogengjødsling g pr. kar (Ca(NO ₃) ₂)			
	0	0,3	0,6	\bar{x}
Uten slam	7,3	8,4	7,9	7,9
Slam tilført 20. september 1973				
Lagret inne	11,9	14,1	14,8	13,6
Lagret ute	0,9	4,3	8,8	4,7
Slam tilført 2. november 1973				
Lagret inne	4,8	12,2	14,4	10,5
Lagret ute	0,7	0,9	5,1	2,2
Slam tilført 31. januar 1974				
Lagret inne	0,8	5,6	10,7	5,7
Lagret ute	0,6	0,7	4,4	1,9
Slam tilført 1. april 1974				
Lagret inne	0,7	1,1	4,3	2,0
Lagret ute	0,5	0,8	5,5	2,3
Slam tilført 6. mai 1974				
	0,5	3,0	6,1	3,2
\bar{x}	2,9	5,1	8,2	

LSD_{5%} = 2,3 g pr. kar.

Slaminnblanding 20. september og lagring inne har ført til avlingsøkning i forhold til der det ikke var tilført slam, også uten tilleggs gjødsling med nitrogen. All annen slamtilførsel har hatt negativ virkning når det ikke var tilleggs gjødslet med nitrogen. Slaminnblanding 2. nov. eller 31. januar og lagring inne har ført til avlingsøkning ved tilleggs gjødsling med nitrogen i forhold til der det ikke var tilført slam. For alle andre forsøksledd hvor det var tilført slam, var det sterk reduksjon i avlingen også ved tilleggs gjødsling med nitrogen. Avlingsreduksjonen tiltok jo kortere tid før såing slammet var tilført.

Ved de slambehandlingene som har ført til mindre avling enn ett gram tørrstoff pr. kar uten tilleggs gjødsling med nitrogen, har det vært liten eller ingen effekt av tilleggs gjødsling med 0,3 g nitrogen pr. kar, men forholdsvis sterk avlingsøkning ved å tilføre 0,6 g nitrogen pr. kar.

Oppspiringen var lik for alle ledd også etter andre såing. Fra kort tid etter oppspiring var det svak vekst i samtlige kar som hadde vært lagret ute og der slam var tilført 1. april eller senere og lagret inne. På samme måte som etter første såtid, stagnerte plantene ca. 14 dager etter oppspiring, og en del blader visnet ned. Spesielt var det svak vekst der det ikke var tilført nitrogen. Ca. 1 1/2 måneder etter oppspiring begynte disse øyensynlig visne plantene etterhvert igjen å vokse. De dannet grønne, friske skudd og veksten kom skikkelig i gang.

Der slaminnblandingen var foretatt før 1. april og karene var lagret inne, var det hele tiden god vekst. Det går frem av avlingsresultatene fra andre høsting, som er vist i tabell 4, at det ved samtidig slaminnblanding også nå var bedre vekst i alle kar lagret inn enn ute, bortsett fra slaminnblanding 1. april hvor det ikke var noen forskjell. Det var sterk avlingsnedgang i alle ledd hvor karene hadde vært lagret ute i forhold til ledd uten slam, og bare små forskjeller mellom de ulike innblandings-tidspunktene. Innblanding av slam 20. september, 2. november og 31. januar og lagring inne førte til avlingsøkning i forhold til

Det var meget små forskjeller i den kjemiske sammensetningen av korn og halm enten slammet var tilført om høsten eller våren. Innblandings-tidspunktet hadde heller ingen betydning for virkingen på jordens kjemiske sammensetning.

B. Markforsøk med tilførsel av ulike mengder råslam om våren.

Hensikten med disse 5 forsøkene er å undersøke hvordan tilførsel av store mengder råslam om våren virker på avlingsmengde og kjemisk sammensetning av korn. I tillegg er nitrogen gjødslingen variert for å undersøke slammets nitrogenvirking.

1. Forsøksmateriale og metoder.

Det er brukt en faktoriell forsøksplan (3x3 balansert lattice square) med fire gjentak og følgende ni forsøksledd i anleggsåret: Uten slam med 4,8 eller 12 kg nitrogen i kalksalpeter pr. dekar, 3 tonn slamtørrstoff med 0,4 eller 8 kg nitrogen pr. dekar og 6 tonn slamtørrstoff med 0,4 eller 8 kg nitrogen pr. dekar. I første og andre etterverkningsår ble det gjødslet med 0,4 eller 8 kg nitrogen pr. dekar til alle slambehandlingene.

Feltene ble grunn gjødslet med 30 kg PK 7-23 pr. dekar i anleggsåret, 40 kg PK 8-15 i første og 45 kg PK 7-13 i andre etterverkningsår.

En del forsøksdata er vist på neste side.

Den kjemiske sammensetningen av slammet som er brukt, er vist i tabell 15.

2. Resultater.

a. Avlingsmengde.

Også i disse forsøkene var det redusert plantevekst først i vekstsesongen etter tilførsel av råslam. Veksten kom imidlertid etter hvert godt i gang, og som det går frem av tabell 16, var det forholdsvis sterk avlingsøkning etter bruk av slam også i tilførselsåret. Det var også en klar tendens til større avling etter bruk av 6 tonn slamtørrstoff pr. dekar enn av 3 tonn. Denne positive virkingen av slammet har holdt seg på omtrent samme nivå i de to etterverkningsårene.

nøytralpunktet og over økte pH i jorden, mens slam med lavere pH førte til surere jordreaksjon. I de her beskrevne forsøkene var det ingen sammenheng mellom pH i slammet og dets virkning på jordreaksjonen.

Det var tendens til økt innhold av lettløselig fosfor etter slamtilførselen. Det samme fant Schäfer & Kick (1970) og Hinesly et al. (1971).

Innholdet av lettløselig og syreløselig kalium viser små forskjeller mellom de ulike slambehandlingene. Det var tendens til noe høyere innhold av magnesium i forsøksledd med slamtilførsel andre året enn der det var gjødslet med kunstgjødsel.

Jordens innhold av kalsium er bare bestemt andre året og da bare i ett forsøk. Dette viser sterk økning etter slamtilførsel.

Innholdet av relativt lettløselig kopper og sink er bestemt i to forsøk andre året. Resultatene viser for begge stoffene en ganske sterk økning av innholdet i jorden. Hvordan dette har virket på innholdet i plantene, kan man ikke si noe om, da disse ikke er analysert for kopper og sink.

I disse forsøkene har forskjeller i kjemisk sammensetning av slam benyttet i samme forsøk til forskjellig tidspunkt, ikke ført til tilsvarende forskjeller i jordens kjemiske sammensetning.

3. Konklusjon.

Forsøkene har ikke gitt noe sikkert svar på om septiktankslam og råslam bør tilføres om høsten eller våren. Det synes imidlertid som om man har større muligheter for å unngå en langvarig stagnasjonsperiode først i veksttiden ved tilførsel tidlig om høsten (august/september). Resultatene tyder på bedre nitrogeneffekt av slam tilført om høsten enn om våren ved at det var tendens til større avling ved høst- enn vårtilførsel når det ikke var tilleggs-gjødslet med nitrogen. Jo kortere tid før såing slammet er tilført, jo sterkere er det nødvendig å gjødsle med nitrogen.

der det ikke var tilført slam når det ikke var tilleggs-gjødslet med nitrogen eller bare tilført 0,3 g nitrogen pr. kar. Ved tilførsel av 0,6 g nitrogen pr. kar, var avlingen like stor uten slamtilførsel.

Tabell 4. Avling av bygg i karforsøk II med tilførsel av septiktankslam til forskjellig tid før såing av korn. Andre høsting.

Tørrstoffavling i g pr. kar.

Slambehandling	Nitrogengjødsling, g pr. kar ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)							
	0		0,3		0,6		\bar{X}	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Uten slam	3,3	3,7	5,9	6,6	13,1	13,1	7,4	7,8
Slam tilført 20. september 1973								
Lagret inne	11,3	8,9	13,3	10,7	13,8	12,4	12,8	10,7
Lagret ute	1,8	2,2	3,9	3,6	5,7	4,6	3,8	3,5
Slam tilført 2. november 1973								
Lagret inne	9,6	8,2	12,4	10,0	13,5	11,9	11,8	10,0
Lagret ute	0,4	2,0	4,4	4,1	6,2	5,6	3,7	3,9
Slam tilført 31. januar 1974								
Lagret inne	8,4	7,1	9,8	8,2	9,5	7,6	9,2	7,6
Lagret ute	0,6	2,5	4,2	3,7	5,8	4,9	3,5	3,7
Slam tilført 1. april 1974								
Lagret inne	2,7	3,1	5,3	4,4	5,9	5,2	4,6	4,2
Lagret ute	1,2	3,1	6,0	5,2	7,1	5,4	4,8	4,6
Slam tilført 6. mai 1974								
	1,0	2,1	5,7	4,7	8,9	7,2	5,2	4,7
	\bar{X}	4,0	4,3	7,1	6,1	9,0	7,8	

$\text{LSD}_{5\%}$ korn 1,9 g pr. kar

$\text{LSD}_{5\%}$ halm 1,3 " " "

I de ledd hvor slamtilførselen førte til avlingsøkning, var det liten virkning av tilleggs-gjødsling med nitrogen. Der slammet førte til redusert vekst, var det positiv virkning av opp til sterkeste tilleggs-gjødsling.

b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

Tabell 5 og 6 viser innholdet av nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium og svovel i avlingen fra en del forsøksledd etter første og andre høsting.

Nitrogen.

Tilleggs-gjødsling med nitrogen økte nitrogeninnholdet i plantene ved første høsting. Ved andre høsting var innholdet i kornet lavere etter tilleggs-gjødslingen enn uten. Halmen hadde større innhold etter tilleggs-gjødsling i forsøksledd uten slam og ved første innblandingstid og lagring inne, mens gjødslingen førte til nedgang i innholdet ved senere slamtilførsler.

All slamtilførsel førte til lavere nitrogeninnhold i plantene sammenlignet med forsøksledd uten slam ved første høsting. Innholdet var lavere jo kortere tid før såing slammet var tilført og lavere etter lagring ute enn inne. Ved andre høsting førte all slamtilførsel til økt nitrogeninnhold både i korn og halm. Innholdet var høyere der slammet var lagret ute enn inne og stort sett høyere jo kortere tid før såing slammet var innblandet.

Fosfor.

Innholdet av fosfor i plantene ved første høsting viste tendens til nedgang etter slamtilførsel sammenlignet med forsøksledd uten slam. Det var forholdsvis små variasjoner mellom de ulike innblandingstidspunktene.

Ved andre høsting var det tendens til økt fosforinnhold både i korn og halm etter slamtilførsel. Innholdet var spesielt høyt der slammet var innblandet 31. januar. Det var ved denne høstingen sterk tendens til nedgang i fosforinnholdet med økende nitrogen-gjødsling.

Tabell 14. Analyser av jord i forsøk med tilførsel av uomsatt slam til forskjellig tid før såing av korn. Prøvene er tatt fra sjiktet 0 - 20 cm.

	Antall forsøk	Gløde- tap	pH	P-AL	Tot-P**	K-AL	K-HNO ₃ **	Mg-AL	Ca-AL**	EDTA Cu*	HCl Zn*
Før forsøksstart	4	6,8	6,0	8,4	12		14				
1. Høst.e.tilførsel											
Uten slam	4	6,2	6,0	8,5	12		14				
Høsttilførsel	4	6,9	6,1	11	11		14				
Vårttilførsel	4	6,9	6,1	11	12		15				
2. høst.e.tilførsel											
Uten slam	3	6,7	5,8	10	151	12	69	5,5	154	5,2	4,9
Høsttilførsel	3	7,2	5,9	13	163	11	69	6,7	223	7,8	8,1
Vårttilførsel	3	7,4	5,8	12	175	11	65	6,4	203	9,5	7,8

* 2 forsøk

**1 forsøk

Tabell 13. Innhold av en del plantenæringsstoffer i halm i forsøk med tilførsel av uomsatt slam til forskjellig tid før såing av korn. Tallene er middel etter ulik tilleggsjødsling med nitrogen. Innholdet er angitt som prosent av tørrstoffet.

		Antall forsøk	Uten slam	Slam tilført om høsten	Slam tilført om våren
Kjeldahl-N	1. året	1	0,67	1,05	1,10
	2. "	2	0,64	0,69	0,56
Total-P	1. "	1	0,09	0,14	0,15
	2. "	2	0,08	0,09	0,07
K	1. "	1	0,31	0,49	0,62
	2. "	2	0,79	1,34	1,38
Ca	1. "	1	0,36	0,42	0,43
	2. "	2	0,50	0,54	0,49
Mg	1. "	1	0,05	0,06	0,08
	2. "	2	0,09	0,10	0,10
Total-S	1. "	1	0,12	0,15	0,18
	2. "	2	0,15	0,16	0,16

Det var ingen forskjell i innhold av magnesium eller klor mellom de ulike slambehandlingene. Innholdet av svovel viste tendens til økning første året i forsøksledd med slamtilførsel sammenlignet med bare kunstgjødsel.

Det var meget små forskjeller i den kjemiske sammensetningen av korn og halm enten slammet var tilført om høsten eller våren.

c. Jordanalyser

Resultatene fra den kjemiske analysen av jorden i forsøkene er vist i tabell 14.

Jordanalysene viser tendens til større glødetap etter slamtilførsel enn i forsøksledd med bare kunstgjødsel. På grunn av at innholdet av organisk materiale i slammet ikke er bestemt, har man ingen muligheter for å beregne hvor stor del av det organiske materialet i slammet som er tilbake i jorden.

Jordens surhetsgrad har vært svært lite påvirket av slamtilførselen. Dette tilsvarer resultater fra undersøkelser utført av Schäfer & Kick (1970). Lunt (1959) fant imidlertid at slam med pH omkring

Tabell 5. Innhold av plantenæringsstoffer i bygggrønnfôr i forsøk II. Første høsting. Innholdet er oppgitt som g/100 g tørrstoff.

	Kjeld-N	Tot.-P	K	Ca	Mg	Tot.-S
Uten slam, uten N	2,08	0,37	3,95	0,52	0,16	0,27
" " , 0,6 g N	4,64	0,46	5,67	0,96	0,25	0,37
Slaminobl. 20. sept. 1973, lagret inne, uten N	1,91	0,36	4,11	0,53	0,19	0,30
" " " " , 0,6 g N	3,13	0,36	4,82	0,69	0,23	0,29
" " " " , ute, uten N	1,26	0,52	2,21	0,86	0,30	- ¹
" " " " , " , 0,6 g N	2,08	0,32	3,77	0,76	0,23	0,24
Slaminobl. 31. jan. 1974, lagret inne, uten N	1,51	0,40	2,59	0,76	0,28	- ¹
" " " " , " , 0,6 g N	1,54	0,33	3,20	1,37	0,17	0,19
" " " " , " , ute, uten N	0,97	0,35	2,14	0,78	0,25	- ¹
" " " " , " , " , 0,6 g N	1,22	0,36	2,70	0,65	0,19	0,16
Slaminobl. 6. mai 1974, uten N	0,94	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹	- ¹
" " " " , 0,6 g N	1,80	0,32	3,20	0,70	0,18	0,21

¹ Ikke analysert pga. for lite plantemateriale.

Tabell 6. Innhold av plantenæringsstoffer i korn og halm av bygg i forsøk II. Andre høsting. Innholdet er oppgitt som g/100 g tørrstoff.

	Kjeldahl-N		Tot.-P		K		Ca		Mg		Tot.-S	
	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm	Korn	Halm
Uten slam, uten N	1,42	0,47	0,45	0,25	0,62	2,65	0,046	0,50	0,17	0,24	0,13	0,33
" " , 0,6 g N	1,18	0,50	0,33	0,06	0,59	2,59	0,036	0,49	0,14	0,17	0,11	0,20
Slaminobl. 20. sept. 1973												
lagret inne, uten N	1,50	0,56	0,46	0,14	0,66	2,65	0,032	0,60	0,15	0,29	0,13	0,34
" " , 0,6g N	1,36	0,85	0,36	0,08	0,61	2,57	0,036	0,72	0,14	0,28	0,13	0,30
" ute, uten N	2,32	1,66	0,54	0,31	0,78	3,07	0,050	0,99	0,21	0,30	0,17	0,40
" " , 0,6g N	2,00	0,99	0,42	0,13	0,65	2,86	0,041	0,75	0,15	0,23	0,15	0,43
Slaminobl. 31. jan. 1974												
lagret inne, uten N	1,79	0,71	0,52	0,54	0,74	3,53	0,032	0,69	0,17	0,33	0,16	0,72
" " , 0,6g N	1,68	0,56	0,50	0,37	0,68	3,03	0,034	0,74	0,16	0,31	0,14	0,61
" ute, uten N	1,99	1,91	0,61	0,52	0,87	3,01	0,061	0,87	0,18	0,29	- ¹	0,89
" " , 0,6 g N	2,00	0,99	0,54	0,40	0,67	3,24	0,039	0,76	0,16	0,22	0,14	0,60
Slaminobl. 6. mai 1974,												
uten N	2,11	1,48	0,52	0,41	0,73	2,68	0,048	0,81	0,17	0,27	- ¹	0,64
0,6g N	1,68	0,74	0,48	0,23	0,64	2,72	0,037	0,64	0,16	0,28	0,14	0,42

¹ = Ikke analysert pga. for lite plantemateriale.

b. Innhold av plantenæringsstoffer i avlingen.

Innhold av N, P, K, Ca, Mg, S og Cl i korn er vist i tabell 12 og i halm i tabell 13.

Innholdet av nitrogen har steget forholdsvis sterkt etter slamtilførselen. Denne virkningen av slamm har også holdt seg i de to ettervirkningsårene.

Det betydelige fosforinnholdet i kloakkslamm har ført til høyere innhold av fosfor i korn og halm første året fra forsøksledd med slamtilførsel enn uten. I de to ettervirkningsårene var det ingen forskjeller.

Det var i disse forsøkene ingen forskjeller i kaliuminnholdet i kornet mellom forsøksledd med og uten slamtilførsel. Innholdet i halmen økte forholdsvis sterkt etter slamtilførsel. Første året var kaliuminnholdet i halmen svært lavt i samtlige forsøksledd. Det er imidlertid få analyser av halm, slik at resultatene er usikre.

Slamtilførselen påvirket ikke kalsiuminnholdet i kornet. Innholdet i halmen viste en svak tendens til økning etter slamtilførselen første året i det ene forsøket som er analysert.

Tabell 12. Innhold av en del plantenæringsstoffer i korn i forsøk med tilførsel av uomsatt slam til forskjellig tid før såing av korn. Tallene er middel etter ulik tilleggsjødsling med nitrogen. Innholdet er angitt som prosent av tørrstoffet.

		Antall forsøk	Uten slam	Slam tilført om høsten	Slam tilført om våren
Kjeldahl-N	1. året	4	1,92	2,22	2,31
	2. "	4	1,92	2,12	2,09
	3. "	1	2,16	2,27	2,38
Total-P	1. "	4	0,42	0,48	0,47
	2. "	4	0,39	0,41	0,41
	3. "	1	0,38	0,39	0,38
K	1. "	4	0,45	0,45	0,48
	2. "	4	0,49	0,49	0,45
	3. "	1	0,58	0,64	0,60
Ca	1. "	4	0,06	0,06	0,07
	2. "	4	0,08	0,07	0,07
	3. "	1	0,03	0,03	0,03
Mg	1. "	4	0,11	0,11	0,11
	2. "	4	0,12	0,13	0,12
	3. "	1	0,11	0,11	0,11
Total-S	1. "	4	0,13	0,16	0,17
	2. "	2	0,17	0,18	0,18
	3. "	-	-	-	-
Cl	1. "	2	0,16	0,13	0,13

Tabell 11. Korn- og halmavling i markforsøk med tilførsel av uomsatt slam til forskjellig tid før såing av korn. Avlingen er oppgitt i kg pr. dekar.

Kornavling	År	Antall forsøk			Uten slam			Slam tilført høst			Slam tilført vår			
		N ₁	N ₂	N ₃	Middel	N ₁	N ₂	N ₃	Middel	N ₁	N ₂	N ₃	Middel	
Kornavling	1. året	4	251	358	398	336	383	420	434	412	301	426	420	382
"	2. "	4	254	344	376	325	412	453	447	437	430	455	468	451
"	3. "	1	213	336	341	297	297	298	295	297	292	332	322	315
Halmavling	1. året	3	165	203	244	204	228	237	242	236	205	239	238	227
"	2. "	3	209	285	277	257	277	300	312	296	300	312	337	316
"	3. "	1	159	284	313	252	233	245	294	257	270	286	303	286

Kalium.

Kaliuminnholdet i plantene var lavere etter slamtilførsel enn i forsøksledd uten slam ved første høsting. Innholdet var stort sett lavere jo senere slammet var tilført og lavere etter lagring ute enn inne.

Det var tendens til økt kaliuminnhold i korn og halm etter slamtilførsel ved andre høsting. Innholdet var høyest etter slaminnblanding 31. januar. Lagring ute førte til høyere kaliuminnhold i kornet enn lagring inne, mens innholdet i halmen ikke viste noen spesiell tendens.

Kalsium.

Ved første høsting var innholdet av kalsium i plantene høyere etter tilleggs gjødsling med nitrogen enn uten i forsøksledd uten slam og der karene var lagret inne etter slaminnblanding. Ved lagring ute gikk kalsiuminnholdet ned etter nitrogengjødslingen. Innholdet var lavere både i korn og halm ved andre høsting etter tilleggs gjødsling med nitrogen til forsøksledd uten slam og ved lagring ute, mens innholdet økte etter nitrogentilførsel der karene var lagret inne.

Det var ingen sikre virkninger av slamtilførselen på kalsiuminnholdet i plantene ved første høsting. Ved andre høsting var det tendens til økning av innholdet i kornet etter slaminnblanding og lagring ute i forhold til forsøksledd uten slam, mens lagring inne førte til et lavere kalsiuminnhold. All slamtilførsel førte til økt kalsiuminnhold i halmen. Innholdet var høyest etter lagring ute.

Magnesium.

Det var bare små variasjoner i magnesiuminnholdet i plantene ved første høsting og i kornet ved andre høsting. Innholdet i halmen økte noe etter slamtilførsel ved andre høsting og det var tendens til høyere innhold etter lagring inne enn ute.

Ved første høsting var det tendens til økt magnesiuminnhold i plantene etter tilleggs gjødsling med nitrogen sammenlignet med forsøksledd uten nitrogentilførsel der det ikke var tilført slam og der slam var innblandet 20. september og lagret inne. I de andre forsøksleddene var det tendens til lavere innhold etter nitrogengjødsling. Ved andre høsting var det tendens til nedgang i innholdet etter tilleggs gjødslingen for samtlige forsøksledd utenom slaminnblanding 6. mai.

Svovel.

Svovelinnholdet i plantene viste for de fleste forsøksledd nedgang etter tilleggs gjødsling med nitrogen. Ved første høsting var det tendens til lavere svovelinnhold etter slamtilførsel enn i forsøksledd uten slam og lavest innhold ved slamtilførsel kort tid før såing og ved lagring ute. Innholdet i kornet viste små variasjoner ved andre høsting, mens innholdet i halmen økte etter slamtilførsel. Størst innhold var det etter slaminnblanding 31. januar. Utelagring førte til høyere innhold enn lagring inne.

c. Innhold av NO_3 - N i jorden etter høsting.

Nitratinholdet i jorden kort tid etter første og andre høsting er vist i tabell 7. Innholdet etter første høsting var høyest der det ikke var tilført slam og der slam var tilført 20. september. Det var bare små variasjoner i jordens nitratinhold mellom de andre forsøksleddene.

Nitratinholdet var høyere etter andre høsting enn etter første i de fleste forsøksledd med slam, mens det var lavere der det ikke var tilført slam. Innholdet var dessuten høyere etter lagring inne enn ute. Innen hver av lagringsmetodene var innholdet stort sett synkende jo kortere tid før såing slamm var tilført.

Tabell 10. Kjemisk sammensetning av slam brukt i markforsøk med tilførsel av utansatt slam til forskjellig tidspunkt før såing av korn.

	TS	pH	Kjeld.-			prosent av TS							ppm av TS						
			N	NH_4 -N	NO_3 -N	Tot-P	K	Ca	Mg	S	Cl	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn	
Forsøk I*	26.4.1973	25,0	6,5	2,00	0,02	0,004	0,44	0,072	2,64	0,27	0,56	0,084	121	6	420	30	7	30	680
Forsøk II	6.11.1972	22,3	6,6	2,64	-	0,41	0,076	1,34	0,22	0,54	0,058	112	4	466	64	6	23	721	
Forsøk III	12.4.1973	32,6	6,0	2,52	0,009	0,003	0,25	0,068	1,72	0,21	0,55	0,037	59	5	340	30	8	30	520
Forsøk IV	25.9.1973	29,9	6,8	2,44	0,097	0,003	1,10	0,07	3,77	0,26	0,67	0,030	201	5	670	40	3	40	1730
	26.10.1973	30,8	6,8	2,18	0,12	0,003	0,98	0,08	3,09	0,30	0,59	0,037	315	7	620	70	9	30	1120
	16.4.1974	24,6	6,9	2,40	0,28	0,004	1,34	0,11	4,72	0,28	0,37	0,053	101	<2	430	50	10	20	930
	5.10.1973	28,0	7,1	2,53	0,025	0,04	0,89	0,08	3,18	0,26	0,64	0,036	-	-	-	-	-	-	-
	23.4.1974	27,7	8,1	2,13	0,29	<0,04	0,87	0,07	3,03	0,22	0,33	0,040	140	2	440	40	12	<20	1070
Middel av I og II (septiktankslam)		26,7	6,4	2,39	0,015	0,004	0,37	0,072	1,90	0,23	0,55	0,060	97	5	409	41	7	28	640
Middel av III og IV (slam fra løsa)		28,2	7,1	2,34	0,16	0,004	1,04	0,08	3,56	0,26	0,52	0,039	189	5	540	50	8,5	30	1212

* Analyse av slam tilført høsten 1972 foreligger ikke.

	Forsøk I			Forsøk II			Forsøk III			Forsøk IV		
Sted	NLH			Frogn			NLH			Hobøl		
Jordart	Middels stiv leirjord			Svakt leirholdig sandjord			Middels stiv leirjord			Middels stiv leirjord		
Slam tilført	25.10.1972 26.4.1973			6.11.1972 12.4.1973			25.9.1973 26.10.1973 16.4.1974			5.10.1973 23.4.1974		
Grunngjødsling	30 kg PK 7-23 pr. dekar			40 kg PK 8-15 pr. dekar								
Såtid	15.5.1973			3.5.1973			29.4.1974			2.5.1974		
1. Vekst år	Bygg			Bygg			Bygg			Bygg		
Høstetid	29.8.1973			20.8.1973			10.9.1974			13.9.1974		
Grunngjødsling	40 kg PK 8-15 pr. dekar			45 kg PK 7-13 pr. dekar			30 kg PK 7-23 pr. dekar					
Såtid	3.5.1974			13.4.1974			5.5.1975			2.5.1975		
2. Vekst år	Havre			Havre			Bygg			Bygg		
Høstetid	13.9.1974			23.8.1974			29.8.1975			18.8.1975		
Grunngjødsling	-			45 kg PK 7-13 pr. dekar			-			-		
Såtid	-			22.4.1975			-			-		
3. Vekst år	-			Hvete			-			-		
Høstetid	-			14.8.1975			-			-		

I alle tre årene har det vært svært liten meravling ved å øke tilleggsgjødslingen med nitrogen fra 4 til 8 kg pr. dekar til forsøksledd med slam.

I tabell 11 er resultatene fra de to tilførselstidspunktene om høsten i forsøk III slått sammen. Som det går frem av tallene nedenfor fra første året, var det tydelig bedre virkning av den tidligste høsttilførselen enn av den senere.

	Uten slam				Slam tilf. 25.sept.				Slam tilf. 26. okt.			
	Uten	4 kg	8 kg	Mid-	Uten	4 kg	8 kg	Mid-	Uten	4 kg	8 kg	Mid-
	N	N	N	del	N	N	N	del	N	N	N	del
Korn, kg/daa	240	342	429	337	472	578	572	541	467	493	510	490
Halm, kg/daa	120	144	227	164	222	276	265	254	288	236	231	252

Tabell 7. Nitratinnholdet i jorden i karforsøk med tilførsel av septik-tanksлам til forskjellig tid før såing av korn. Jordprøver er tatt 7. juni (kort tid etter første høsting) og 20. september (kort tid etter andre høsting).

NO₃-N i mg/100g lufttørr jord.

Slambehandling	Nitrogengjødsling, g pr. kar (Ca(NO ₃) ₂)							
	0		0,3		0,6		\bar{x}	
	7.juni	20.sept.	7.juni	20.sept.	7.juni	20.sept.	7.juni	20.sept.
Uten slam	0,4	0,2	3,6	0,2	4,0	0,3	2,7	0,2
Slam tilført 20.sept.73								
Lagret inne	0,6	3,3	1,1	2,2	4,9	2,6	2,2	2,7
" ute	0,4	0,8	1,3	0,8	0,4	2,6	0,7	1,4
Slam tilført 2.nov.73								
Lagret inne	0,2	1,3	0,3	2,1	0,4	2,1	0,3	1,8
" ute	0,3	0,5	0,3	1,6	0,3	0,8	0,3	1,0
Slam tilført 31.jan.74								
Lagret inne	0,2	1,1	0,2	2,3	0,2	2,3	0,2	1,9
Lagret ute	0,3	0,8	0,3	0,2	0,2	0,4	0,3	0,5
Slam tilført 1.april 74								
Lagret inne	0,2	1,0	0,2	0,2	0,2	0,5	0,2	0,6
" ute	0,3	0,2	0,4	0,4	0,3	0,6	0,3	0,4
Slam tilført 6.mai 74								
	0,3	0,2	0,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,3
\bar{x}	0,3	0,9	0,8	1,0	1,1	1,3		

LSD_{5%} 7 juni: 3,1 mg NO₃-N/100g lufttørr jord

LSD_{5%} 20 sept.: 2,3 " " " " "

C. Diskusjon og konklusjoner.

Begge forsøkene har vist at man i karforsøk kan vente redusert plantevekst i en viss tid etter tilførsel av septiktankslam. Sorteberg (1974) fant at avlingen avtok sterkt med økende tilførsel av septiktankslam. Han hevder at dette slammets kan betraktes som råslam, da gjæringen vanligvis er sterkt hemmet i septiktanken. Dette støttes av Balmér og Eikum (1972). De mener at slammets kan komme i skikkelig anaerob nedbrytning under ideelle forhold i tanken, men at nedbrytningen i de aller fleste tilfelle er svært dårlig.

Innblanding av septiktankslam i jorden 1½ eller 2 måneder før såing og lagring ved 15°C frem til såing, førte i forsøk I til halvering av avlingen i forhold til der det ikke var tilført slam. Slamtilførsel kortere tid før såing førte til enda sterkere avlingsreduksjon. Etter annen såing, 2½ måneder etter første såtid, var det positiv virkning av all slamtilførsel.

Forsøk II viser at selv ved slamtilførsel seks måneder før såing og lagring ved 15°C, kan man få en viss negativ effekt av septiktankslam. Etter andre såtid var det positiv virkning av slam innblandet fire måneder eller mer før såing og lagret ved 15°C frem til første såtid. Den negative effekten av slammets har altså forsvunnet raskere i tiden etter første såing enn i løpet av lagringen ved 15°C før første såtid. Dette var også i en viss grad tilfellet i forsøk I.

Slam som var lagret ute under svært ugunstige forhold, hadde sterk negativ virkning på veksten av byggplanter. Selv om slammets var blandet inn i jorden 8½ måneder før såing (12 måneder før høsting), unngikk man ikke avlingsreduksjon.

Tilleggsgjødsling med nitrogen har ikke kunnet oppveie slammets negative virkninger, selv om det har vært forholdsvis stor positiv virkning av nitrogengjødslingen.

I forsøk I og II ble det brukt mekanisk avvannet septiktankslam fra Fornebu, Bærum og Holmen, Asker. Slamtypen i forsøkene III og IV var blandslam fra Løxa, Bærum, som består av en blanding av kjemisk (Fe/Ca) slam fra anlegget og tilkjørt slam fra septiktanker. Den kjemiske sammensetningen av slammets som er brukt, er vist i tabell 10.

En del forsøksdata er vist på neste side.

2. Resultater.

a. Avlingsmengde.

Forsøkene tyder på at man første året etter tilførsel må regne med en viss negativ virkning av septiktankslam og råslam først i vekstsesongen. Dette har vist seg ved at plantene har gulnet og veksten har stagnert kort tid etter oppspiring. Stagnasjonen har i disse forsøkene vart ca. en måned. Deretter har veksten etter hvert kommet godt i gang, og bare i ett av forsøkene har avlingen vært mindre ved slamtilførsel enn ved bruk av bare kunstgjødsel. Det var ingen forskjell mellom høst- og vårtilførsel av slam når det gjelder denne gulningen og stagnasjonen i veksten. Det var imidlertid tendens til sterkere negativ effekt i forsøkene med septiktankslam enn der det var tilført slam fra renseanlegg.

Tabell 11 viser middel av korn- og halmavlingen i de fire forsøkene.

Resultatene viser at det har vært en positiv effekt av all slamtilførsel første året. Avlingen var større etter høsttilførsel enn vårtilførsel av slam. Denne forskjellen viser seg spesielt ved svak tilleggsgjødsling med nitrogen og tyder på bedre nitrogeneffekt av slam tilført om høsten.

Det var tydelig positiv ettervirkning av slammets andre året. Middellavlingen av korn var ca. 120 kg større pr. dekar etter slamtilførsel enn i forsøksledd uten slam.

Resultatene tredje året er bare fra ett forsøk. De tyder på liten ettervirkning av slammets. Slamtilførsel våren 1973 har imidlertid gitt noe større avling enn de andre forsøksleddene.

V. Markforsøk med septiktankslam og råslam.

A. Markforsøk med tilførsel av septiktankslam og råslam til forskjellig tidspunkt før såing av korn.

Forsøkene ble anlagt med sikte på å sammenligne virkningen av tilførsel av uomsatt slam om høsten og om våren til korn. Hensikten var å undersøke om man kan unngå negative effekter av slammet ved å tilføre det høsten før såing. Ved tilførsel sent om høsten, må man regne med at det foregår forholdsvis liten omsetning i slammet før jorden igjen tiner om våren. Derfor er det, i tillegg til sammenligning mellom høst- og vårtilførsel i forsøkene I, II og IV, i forsøk III også tatt sikte på å undersøke betydningen av tidspunktet for høsttilførselen.

1. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøk I og II ble anlagt etter en faktoriell forsøksplan (3 x 3 balansert lattice square) med fire gjentak og følgende ni forsøksledd: Uten slam med 4, 8 og 12 kg nitrogen i kalksalpeter pr. dekar, 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar tilført om høsten med 0, 4 og 8 kg nitrogen og 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar tilført om våren med 0, 4 og 8 kg nitrogen pr. dekar. I første og andre etterverkningsår ble det gjødslet med 0, 4 og 8 kg nitrogen pr. dekar til alle slambehandlingene.

Forsøk III ble anlagt som et blokkforsøk med tre gjentak og følgende fire slambehandlingene: Uten slam, slam tilført 25. september 1973, slam tilført 26. oktober 1973 og slam tilført 16. april 1974. Det ble tilført 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Hver slambehandling ble kombinert med 0, 4 og 8 kg nitrogen i kalksalpeter pr. dekar.

Forsøk IV var planlagt etter samme plan som III. På grunn av problemer med slamleveringen, var det imidlertid nødvendig å forandre planen. Forsøket ble anlagt som et blokkforsøk med tre gjentak og med følgende fire slambehandlingene: Høstpløying av ledd uten slam, slamtilførsel høsten 1973, vårpløying av ledd uten slam og slamtilførsel våren 1974. Det ble tilført 8 tonn slamtørrstoff pr. dekar. Nitrogengjødslingen ble variert med ett ledd uten nitrogen, ett med 4 kg nitrogen og ett med 8 kg nitrogen pr. dekar for hver av slambehandlingene.

I disse forsøkene har tidspunktet for slaminnblanding, lagringsforholdene fra slaminnblanding til såing og tilleggsjødslingen med nitrogen hatt betydning for virkningen av septiktankslammet. Forsøkene tyder på at den negative effekten av slammet har sammenheng med at det blir omsatt i jorden. Ved denne prosessen vil det bindes store mengder nitrogen. Resultatene fra disse forsøkene tyder på at ikke bare nitrogenet i slammet bindes, men også en stor del av nitrogenet i tilleggsjødselen. Ved tilleggsjødsling med små nitrogenmengder, vil derfor det meste bindes ved omsetningen av slammet og svært lite kommer plantene til nytte. Ved tilleggsjødsling med store nitrogenmengder, vil mer bli tilgjengelig for plantene. Samtidig vil omsetningen av slammet kunne gå raskere ved større tilførsel av nitrogen. Dette kan forklare de små avlingsutslagene ved gjødsling med minste nitrogenmengde og den forholdsvis store avlingsøkningen ved største nitrogenmengde i disse forsøkene. Etter som slammet omsettes, vil nitrogenet etter hvert frigjøres, noe som kan forklare at veksten kommer i gang igjen etter stagnasjonen. Som en følge av denne stagnasjonsperioden, vil plantene modne senere enn i forsøksledd uten slam. På grunn av slammets forholdsvis høye nitrogeninnhold, oppnår man bare liten avlingsøkning ved ekstra tilførsel av nitrogen til ferdig omsatt slam. For å kunne undersøke nitrogentilgangen, ville det vært ønskelig med nitrogenanalyser av plantene til forskjellige tidspunkter.

På grunn av den sterke nitrogenbindingen ved omsetningen av septiktankslammet, er nitratinnholdet i jorden meget lavt. Etter som slammet omsettes øker nitrogenfrigjøringen. Derfor er det i disse forsøkene høyest nitratinnhold etter andre høsting og høyere innhold jo lengre tid før såing slammet er blandet inn i jorden.

En annen årsak til det lave nitratinnholdet i jorden kan være liten lufttilgang. Ved omsetning av slammet vil det forbrukes oksygen. Dette vil i tillegg til at det hemmer dannelsen av nitrat i jorden, virke negativt på planteveksten. Dårlig lufttilgang kan være en av årsakene til den sterke negative virkningen av septiktankslammet i disse forsøkene.

Omsetningen av slammet vil gå hurtigere jo høyere temperaturen er, opp til en viss grense. Dette kan være en av årsakene til den raskere positive effekten av slammet etter opphold i veksthus om sommeren enn etter lagring ved 15°C om vinteren.

Lagringen utendørs førte til svært ugunstige vekstforhold i karene. Under de anaerobe forhold som må ha vært til stede i store deler av karene, må en regne med at det er blitt dannet nedbrytningsprodukt som metan og hydrogensulfid, som fortrenger oksygenet. Den svake veksten i disse karene skyldes antagelig både dårlig jordstruktur og liten lufttilgang.

Man kan heller ikke se bort fra at det kan dannes nedbrytningsprodukter som er skadelige for plantene også ved omsetning under gunstige forhold. Slammet, som er benyttet i disse forsøkene, er termisk tørket. Resultatene kan derfor ikke uten videre overføres til andre typer septiktankslam. Det er imidlertid ingen grunn til å tro at man vil få store avvik i reaksjonsmønsteret ved bruk av andre typer.

seg uten tilleggsgjødsling med nitrogen. Årsaken til dette må en anta er at slammet omsettes i jorden i løpet av vekstsesongen og vil dermed binde nitrogen, som i første omgang ikke blir tilgjengelig for plantene.

3. Diskusjon og konklusjoner.

I motsetning til i de to tidligere omtalte karforsøk med septiktankslam, fikk man i dette forsøket sterk positiv virkning av råslam. Det synes derfor som om septiktankslam har en annen og dårligere virkning på planteveksten enn råslam. Om dette gjelder generelt eller om det er spesielt for det septiktankslammet som er brukt i de to forsøkene, er det vanskelig å si noe om. Det er også vanskelig å sammenligne forsøk som er gjennomført i ulike år og under noe forskjellige forhold. Tilsvarende forskjeller er imidlertid også registrert i markforsøk.

Tidligere utførte karforsøk med råslam fra Skarpsno har vist negativ virkning av denne slamtypen på planteveksten i tilførselsåret. Årsaken til den sterke positive virkningen i dette forsøket er det vanskelig å si noe om. Slam fra samme sted vil imidlertid variere noe fra et tidspunkt til et annet. Dette må man regne med kan gi seg utslag i karforsøk hvor vekstforholdene er adskillig mer intense enn ute i praksis.

Tabell 9. Avling av bygg i karforsøk med tilførsel av tørket og avvannet utgjæret slam og råslam til forskjellig tid før såing av korn.

Tørrstoffavling i g pr. kar.

	Korn			Halm		
	Uten N	0,6gN	Middel	Uten N	0,6gN	Middel
Uten slam	7,5	34,9	21,2	9,8	35,1	22,5
Slaminnbl. 10. jan.						
Utgjæret, avvannet	48,7	44,5	46,6	39,6	40,3	40,0
" , tørket	43,7	44,3	44,0	35,3	37,0	36,2
Råslam, avvannet	47,8	48,0	47,9	39,3	40,7	40,0
" , tørket	42,0	47,7	44,9	36,9	39,0	38,0
Slaminnbl. 11 mars						
Utgjæret, avvannet	46,0	46,3	46,2	40,6	41,3	41,0
" , tørket	42,0	43,8	42,9	38,2	39,2	38,7
Råslam, avvannet	40,1	49,6	44,9	37,2	42,2	39,7
" , tørket	37,1	44,9	41,0	36,2	40,3	38,3
Slaminnbl. 9. mai						
Utgjæret, avvannet	46,2	51,1	48,7	41,3	44,9	43,1
" , tørket	39,4	47,3	43,3	39,2	42,6	40,9
Råslam, avvannet	31,5	45,8	38,7	32,2	41,1	36,7
" , tørket	27,3	44,2	35,8	28,0	40,7	34,4

LSD_{5%} korn = 2,5 g pr. kar

LSD_{5%} halm = 2,3 " " "

IV. Karforsøk med tilførsel av tørket og avvannet utgjæret slam og råslam til forskjellig tid før såing av korn.

Hensikten med forsøket var å undersøke eventuelle forskjeller mellom gjødselvirkningen av avvannet og tørket slam. Bakgrunnen for dette var den meget sterke avlingsreduksjonen etter bruk av tørket septiktankslam i de to tidligere omtalte karforsøkene. Dessuten er betydningen av tidspunktet for tilførsel av råslam undersøkt. Utgjæret slam er også tilført til forskjellige tidspunkt for å få et sammenligningsgrunnlag for råslammet.

1. Forsøksmateriale og metoder.

Forsøket ble utført i emaljerte kar. Jordarten var middels stiv leirjord. Analysen av denne før forsøket ble startet viste følgende:

Glødetap	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL
7,2	5,4	11	17	8,3

Hvert kar ble fylt med 5,1 kg jord.

Det utgjærede slammet kommer fra Bekkelaget renseanlegg og råslammet fra Skarpsno. Slamprøvene er tatt ut samtidig etter sentrifugeringen. Halvparten er frosset med en gang, og halvparten tørket i tørkeskap ved Bekkelaget renseanlegg.

Den kjemiske sammensetningen av de ulike slamtypene er vist i tabell 8.

Analysene viser et lavere innhold av Kjeldahl-N, NH₄-N, K, Ca og Mg i tørket slam enn i avvannet. For samtlige næringsstoffer er dessuten innholdet lavere i råslammet enn i det utgjærede slammet. Som det går frem av tabellen, er innholdet av kopper og sink betydelig lavere i det tørkede slammet. Det samme gjelder for krom og nikkel, men i adskillig mindre grad. Innholdet av bly varierer noe mer tilfeldig, mens kadmium- og kvikksølvinnholdet er like høyt etter de to behandlingsmetodene. Innholdet av bly og kvikksølv er adskillig høyere i råslammet fra Skarpsno enn i det utgjærede slammet fra Bekkelaget, mens det er mest av de andre tungmetallene i Bekkelagslammet. Kvikksølvinnholdet i slammet fra Skarpsno er uvanlig høyt og må skyldes spesielle utslipp.

Tabell 8. Kjemisk sammensetning av slam brukt i karforsøk med tilførsel av tørket og avvannet utgjæret slam og råslam til forskjellig tid.

	Utgjæret avvannet	Utgjæret tørket	Råslam avvannet	Råslam tørket
Tørrstoff, prosent	28,2	96,0	35,8	96,7
<u>Prosent av tørrstoff:</u>				
Kjeldahl-N	2,66	2,18	2,01	1,86
NH ₄ -N	0,39	0,10	0,17	0,06
NO ₃ -N	0,0002	0,0003	0,0002	0,0001
Total-P	1,85	1,80	0,81	0,83
K	0,25	0,10	0,16	0,07
Ca	1,38	0,69	0,98	0,42
Mg	0,53	0,32	0,45	0,21
Total-S	0,43	0,47	0,23	0,25
Cl	0,068	0,049	0,053	0,052
<u>ppm av tørrstoff:</u>				
Pb	263	190	483	606
Cd	30	31	20	20
Cu	1669	894	698	397
Cr	987	900	321	273
Hg	12	12	78	82
Ni	114	106	100	87
Zn	1250	603	684	371

En må anta at forskjellen i kjemisk sammensetning mellom avvannet og tørket slam hovedsaklig skyldes virkningen av tørkingen, da prøvene er tatt ut samtidig ved renseanlegget.

Det ble tilført 200 g slamtørrstoff pr. kar, noe som tilsvarer 8 tonn tørrstoff pr. dekar. Slammet ble blandet inn i jorden til følgende tidspunkt: 10. januar, 11. mars og 9. mai 1975. Etter slaminnblandingen ble karene lagret ved 15°C og vannet med destillert vann til 65 prosent av feltkapasiteten frem til såing.

Alle kar ble gjødslet med 0,15 g fosfor og 0,6 g kalium før såing. Halvparten av karene ble ikke gjødslet med nitrogen og halvparten med 0,6 g nitrogen pr. kar. Gjødslingen tilsvarede henholdsvis 6 kg fosfor og 24 kg kalium og nitrogen pr. dekar. Næringsstoffene nitrogen, fosfor og kalium ble gitt som løsninger av henholdsvis Ca(NO₃)₂, Ca(H₂PO₄)₂ og K₂SO₄.

Det ble sådd bygg 9. mai. Denne ble høstet ved modning 30. juli.

I vekstperioden var karene plassert i veksthus, men ble om dagen ved oppholdsvær kjørt ut i luftegård. Det ble vannet med vanlig springvann til 65 prosent av feltkapasiteten. Forsøket ble gjennomført med 3 paralleller.

2. Resultater.

Oppspiringen var lik for alle ledd. Det var ingen tegn på mis-trivsel hos plantene i noen av forsøksleddene i vekstsesongen, men sterk positiv virkning av all slamtilførsel.

Korn- og halmavlingen er vist i tabell 9.

Det var signifikant meravling etter all slamtilførsel.

Tørket slam ga signifikant mindre avling enn avvannet slam. Spesielt viste dette seg der det ikke var tilleggsgjødslet med nitrogen. Dette tyder på en svakere nitrogenvirkning av det tørkede slammet, noe som kan henge sammen med det lavere nitrogeninnholdet i dette slammet eller en svakere frigjøring av nitrogenet.

Det var ingen signifikante forskjeller mellom virkningen av utgjæret slam og råslam på middelavlingen, når slammet var innblandet 10. januar eller 11. mars. Når det ikke ble tilleggsgjødslet med nitrogen, var det imidlertid signifikant større avling etter bruk av utgjæret slam. Dette tyder på en bedre nitrogenvirkning av denne slamtypen. Ved slaminnblanding 9. mai var det signifikant større avling etter utgjæret slam enn råslam. Spesielt viste dette